



TITLE:

# Y系薄膜線材の長手方向巨視的臨界電流密度分布とその通電特性への影響に関する統計学的検討

AUTHOR(S):

中村, 武恒; 竹内, 活徳; 高村, 豊; 岡田, 奈々; 雨宮, 尚之; 中尾, 公一; 和泉, 輝郎

---

CITATION:

中村, 武恒 ...[et al]. Y系薄膜線材の長手方向巨視的臨界電流密度分布とその通電特性への影響に関する統計学的検討. 低温工学・超電導学会講演概要集 2009, 81: 13-13

ISSUE DATE:

2009-11-18

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/174024>

RIGHT:

© 2009 公益社団法人 低温工学・超電導学会

# Y 系薄膜線材の長手方向巨視的臨界電流密度分布と その通電特性への影響に関する統計学的検討

Statistical study on macroscopic critical current density distribution along the longitudinal direction  
and its effect upon the current transport property in Y-system coated conductors

中村 武恒, 竹内 活徳, 高村 豊, 岡田 奈々, 雨宮 尚之 (京大); 中尾 公一, 和泉 輝郎 (ISTEC-SRL)

NAKAMURA Taketsune, TAKEUCHI Katsutoku, TAKAMURA Yutaka, OKADA Nana, AMEMIYA Naoyuki (Kyoto Univ.);

NAKAO Koichi, IZUMI Teruo (ISTEC-SRL)

E-mail: tk\_naka@kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに 我々は, Y 系高温超電導線材の飛躍的性能向上を鑑み, 同線材を適用した電力機器開発加速を指向して, 線材特性と電力機器特性の両面から要求される仕様を明確化すべく包括的検討を実施している。本報告では, 上記検討の第一ステップとして, 線材の長手方向における巨視的臨界電流密度分布と, それが通電特性に与える影響を検討し, 統計学的議論に耐えるバラツキとそれ以外の偶発故障的なバラツキに分離することに成功したので報告する。

2. 試料と Tapestar™ の結果 検討対象とした試料は, ISTEC-SRL において IBAD/PLD 法によって作製された。ハステロイ基板(幅 10 mm)上に成膜後, レーザを使用して半分の幅に切断して試料とした。同試料の全長 2400 mm に亘り, Tapestar™によって臨界電流密度分布を測定した。温度 77 K における測定結果を Fig. 1 に示す。同図から明らかなように, 試料は 110 A 程度の高い平均臨界電流を有しているものの, その分布は特長的に大きな揺らぎを有しており, またスパイク状の局所的特性劣化を有している。後者については, この後議論するように, 統計的議論に耐える劣化領域と偶発的故障部(d1 ならびに d2 部)に分離される。

3. Tapestar™による通電特性評価法 Tapestar™の測定結果を統計的に検討すべく, まず次のような加算を行った。即ち, 試料内の区間 $[x_i, x_i + \Delta x_i]$ において, Tapestar™によって測定した臨界電流密度を  $J_c(x_i)$  とする。ここで,  $\Delta x_i$  は上記測定の空間的測定間隔であり, 測定位置によって若干変化することから添字 "i" を付している。さらに, 位置  $x_i$  において発生する電圧  $\Delta V$  を次式で仮定する<sup>[1]</sup>。

$$\Delta V(I, x_i) = K(I - J_c(x_i) \cdot \alpha)^{ni} \cdot \Delta x_i \quad (1)$$

ここで,  $I$ ,  $K$ , および  $\alpha$  は, それぞれ通電電流, 係数, および超電導層断面積である。また,  $ni$  は区間 $[x_i, x_i + \Delta x_i]$ において電圧発生を規定する“べき”指数である。式(1)を, 4 端子測定を実施する線材区間 $[l_1, l_2]$ に亘って加算すれば, 同区間における  $V-I$  特性を式(2)のように Tapestar™の結果から得ることができる。

$$V(I) = \sum_{x_i=l_1}^{l_2} \Delta V(I, x_i) = K \sum_{x_i=l_1}^{l_2} (I - J_c(x_i) \cdot \alpha)^{ni} \cdot \Delta x_i \quad (2)$$

なお, Tapestar™で評価される臨界電流密度  $J_c(x_i)$  は, IEC 規格で適用される一般的電界基準( $100 \mu V m^{-1}$ )よりも 2 桁程度小さな電界で評価されており, つまり上記一般的電界付近における損失発生の様相を議論する上で, 式(1), (2)を使用する妥当性が保証されている。

4. 4 端子法による通電特性との比較検討 Fig. 3 には, タップ①-②間について 4 端子法で測定した通電特性(実線)を示す。さらに, Tapestar™の結果をもとに式(1), (2)を適用して得られた  $E-I$  特性(○印)を重ねてプロットしているが, 両者は良く一致している。この一致は, 異なるスケールの端子間(①-③, ①-④)についても同様に得られた。しかしながら, 同様の比較を端子間(①-⑧)について実施したところ, 両者には大きな乖離が見られた。このことは, Fig. 1 の欠陥 d1 ならびに d2 における損

失発生のメカニズムが, 他の特性劣化部と明らかに異なり, つまり統計的議論に耐えない偶発故障的な特性劣化であることを示している。なお, 上記議論では全ての区間について  $ni$  を固定( $ni=8$ )しており, その物理的意味に関する考察他は講演当日に報告する。

謝辞 本研究は, イットリウム系超電導電力機器技術開発の一環として, 新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託のもと, 国際超電導産業技術研究センターとの共同研究として実施されたものである。

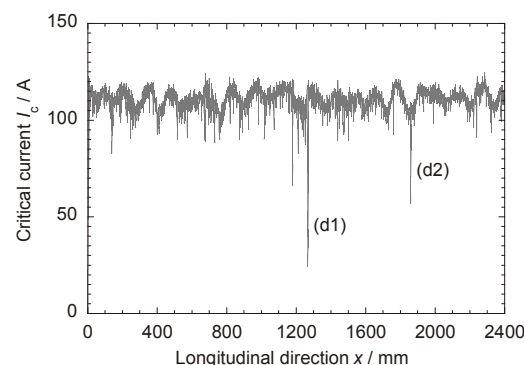


Fig. 1 Longitudinal distribution of critical current obtained from Tapestar™ at 77 K (Tape width: 5 mm).

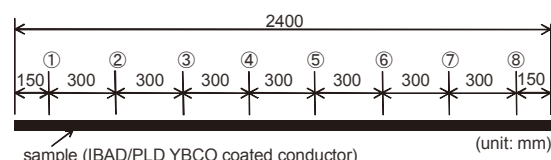


Fig. 2 Potential taps configuration of the tape.

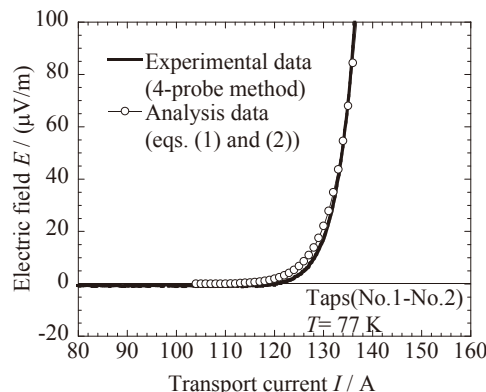


Fig. 3 Comparison of  $E-I$  curves between 4-probe method and tapestar™ (eqs. (1) and (2)) at 77 K (Taps: No. 1-No. 2).

## 参考文献

[1] 和久田毅:九州大学博士論文 (1997)